

DKV-Forschungsbericht Nr. 85

Julia Lemke

Energetische Bewertung von Pkw-Klimaanlagensystemen mit Sekundärkreisläufen

2015

978-3-932715-88-4



Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein Bewertungsverfahren entwickelt, welches den energetischen Vergleich transienter Pkw-Klimatisierungssysteme mit stark voneinander abweichender Betriebsdynamik ermöglicht. Zu diesem Zweck werden neben automobilen Serienanlagen Systeme mit Sekundärkreisläufen herangezogen und sowohl experimentell als auch simulativ untersucht. Derartige Systeme besitzen aufgrund ihrer großen thermischen Kapazitäten eine deutlich andere Dynamik als Standardsysteme, wodurch sich im transienten Betrieb herkömmliche energetische Bewertungsverfahren für einen Vergleich mit Serienanlagen nicht eignen.

Im stationären Betrieb ist die Bewertung der Vergleichsanlagen auf Basis gleicher Kälteleistung vielfach üblich. Dieses Vorgehen wird auch weiterhin für nichttransiente Betrachtungen empfohlen. In der Arbeit wird jedoch gezeigt, dass eine stationäre Untersuchung allein nicht ausreicht, um Anlagen hinsichtlich Kälteleistung und Verbrauch realistisch bewerten zu können: Der Vergleich des Antriebsleistungsbedarfs im stationären Betrieb und transienten Abkühlfall weist hier Abweichungen von mehreren hundert Prozent auf.

Dem Rechnung tragend wird in der vorliegenden Arbeit ein Verfahren zur vergleichenden Bewertung unterschiedlicher Anlagen im transienten Betrieb entwickelt. Dieses basiert auf einem Abgleich der integrierten Kälteleistung verschiedener Systeme jeweils am Ende eines betrachteten dynamischen Betriebszyklus mit ggf. einhergehender Anpassung einer der Anlagen. Hierdurch wird erstmals eine Bewertung von transient betriebenen Systemen mit stark unterschiedlicher systemspezifischer Dynamik zugelassen.

Darüber hinaus wird in der vorliegenden Arbeit – auch unter Anwendung des zuvor diskutierten Verfahrens – die optimierte Einbindung neuer Komponenten des Sekundärkreislaufsystems wie eines wassergekühlten Verflüssigers herausgearbeitet. Der Einfluss verschiedener Betriebsparameter wie die Größe des saugseitigen Druckverlustes oder der Leistungsbedarf der Kälte-trägerpumpen auf die Anlageneffizienz wird diskutiert. Die Veränderung der Anlagendynamik durch den Einsatz von Phasenwechselmaterialien im verdampferseitigen Sekundärkreislauf wird untersucht und der Einfluss auf den Kabinenkomfort erläutert. Unter Variation der genannten Betriebsparameter erfolgt ein energetischer Vergleich der betrachteten Systeme bei verschiedenen klimatischen Randbedingungen mit Berücksichtigung der zeitlich und örtlich aufgelösten Nutzungshäufigkeiten von Pkw.

Abstract

In the present work, an evaluation method is developed which enables the comparison of transient mobile air conditioning systems with different operating dynamics. To this end, automotive series HVAC systems are compared with secondary loop systems both experimentally and by simulation. Due to their large thermal capacity such secondary loop systems have a significantly different dynamic than standard systems. As a consequence conventional energy assessment methods are not suitable for a system comparison.

In steady-state operation, it is common practice to evaluate different mobile HVAC systems based on the same cooling capacity. Within the present work this procedure is still recommended for non-transient system operation. It is shown, however, that a stationary investigation is not sufficient to evaluate systems realistically regarding cooling capacity and fuel consumption: The comparison of the necessary driving power in steady-state and transient operation differs in a magnitude of several hundred percent.

To take this into account a method for comparative evaluation of different systems in transient operation is developed. The procedure is based on a comparison and possibly an adjustment of the integrated cooling capacity at the end of a dynamic operation cycle. This adjustment requires an adaption of one of the HVAC systems. By using this procedure a substantiated comparison of transiently driven systems having very different system-specific dynamics is enabled for the first time.

Moreover, within the present work the optimized integration of new components in the secondary loop system like a water-cooled condenser is presented in detail. At this, among others, the previously mentioned method is used. The impact of different operating parameters such as suction-side pressure-drop or power input of the refrigerant pumps on the system efficiency is discussed. Furthermore, the influence on the system dynamics by implementing phase change materials into the system is investigated. The effect on the cabin comfort is discussed. Under variation of the mentioned operating parameters an energetic comparison of various systems is performed. Different climatic conditions with consideration of the temporal and spatial usage frequency of cars is taken into account.